

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-257777

(43)Date of publication of application : 08.10.1996

(51)Int.Cl.

B23K 26/00

B23K 26/00

B21C 37/08

(21)Application number : 07-087389

(71)Applicant : NISSHIN STEEL CO LTD

(22)Date of filing : 20.03.1995

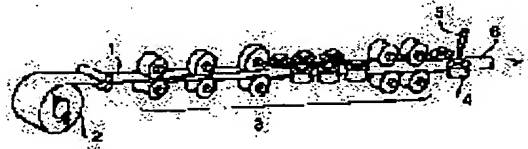
(72)Inventor : ASADA HIROSHI  
SOGA SATOSHI  
INOUE SHOJI

## (54) MANUFACTURE OF WELDED TUBE SUPERIOR IN WORKABILITY BY LASER WELDING

## (57)Abstract:

PURPOSE: To manufacture by laser welding a welded tube the welded zone of which is free from breaking under a high degree of working.

CONSTITUTION: In welding by laser welding both ends in the width direction of a metallic belt 1 formed cylindrically, assume the thickness of the metallic belt 1 is  $t$  (mm), outer diameter of the welded tube to be manufactured  $D$  (mm), output of a laser welding machine  $P$  (kW), and tubing speed  $V$  (m/min). With a relation between the thickness ratio  $t/D$  and the hardness  $HVS$  of the base material expressed as  $HVS=f(t/D)$ , and with a relation between the output ratio  $P/(V.t)$  and the hardness  $HVW$  of the welding zone as  $HVW=g[P/(V.t)]$ , the output ratio  $P/(V.t)$  is determined so that the difference  $\Delta H(=HVW-HVS)$  between the hardness of the base material  $HVS$  and that of the welding zone  $HVW$  may be larger than 0 but not larger than 100 desirably 10 to 80. Even under a high degree of working such as bulging and pipe-exponding, the welding zone is free from cracks, enabling the working in various shapes depending on the use.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-257777

(43) 公開日 平成8年(1996)10月8日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 3 K 26/00	3 1 0		B 2 3 K 26/00	3 1 0 J 3 1 0 N N
B 2 1 C 37/08			B 2 1 C 37/08	R

審査請求 未請求 請求項の数2 F D (全 5 頁)

(21) 出願番号	特願平7-87389	(71) 出願人	000004581 日新製鋼株式会社 東京都千代田区丸の内3丁目4番1号
(22) 出願日	平成7年(1995)3月20日	(72) 発明者	朝田 博 兵庫県尼崎市鶴町1番地 日新製鋼株式会 社加工技術研究所内
		(72) 発明者	曾我 聡 兵庫県尼崎市鶴町1番地 日新製鋼株式会 社加工技術研究所内
		(72) 発明者	井上 正二 兵庫県尼崎市鶴町1番地 日新製鋼株式会 社加工技術研究所内
		(74) 代理人	弁理士 小倉 亘

(54) 【発明の名称】 レーザ溶接による加工性に優れた溶接管の製造方法

(57) 【要約】

【目的】 高度の加工を施しても溶接部が破断しない溶接管をレーザ溶接により製造する。

【構成】 円筒状に成形した金属帯の板幅方向両端部をレーザ溶接で溶接する際、金属帯の板厚を  $t$  (mm)、製造しようとする溶接管の外径を  $D$  (mm)、レーザ溶接機の出力を  $P$  (kW)、造管速度を  $V$  (m/分) とし、肉厚比  $t/D$  と母材硬さ  $H_{vs}$  との関係を  $H_{vs} = f(t/D)$  で、出力比  $P/(V \cdot t)$  と溶接部の硬さ  $H_w$  との関係を  $H_w = g[P/(V \cdot t)]$  で表すとき、母材硬さ  $H_{vs}$  と溶接部の硬さ  $H_w$  との差  $\Delta H (= H_w - H_{vs})$  が0を超え100以内、好ましくは10~80になるように出力比  $P/(V \cdot t)$  を決定する。

【効果】 パルジ加工、拡管等の高度の加工を施しても溶接部に割れが発生することがないので、用途に応じて種々の形状に加工される。

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 円筒状に成形した金属帯の板幅方向両端部をレーザ溶接で溶接する際、金属帯の板厚を  $t$  (mm)、製造しようとする溶接管の外径を  $D$  (mm)、レーザ溶接機の出力を  $P$  (kW)、造管速度を  $V$  (m/分) とし、肉厚比  $t/D$  と母材硬さ  $H_{vs}$  との関係を  $H_{vs} = f(t/D)$  で、出力比  $P/(V \cdot t)$  と溶接部の硬さ  $H_w$  との関係を  $H_w = g[P/(V \cdot t)]$  で表すとき、母材硬さ  $H_{vs}$  と溶接部の硬さ  $H_w$  との差  $\Delta H (= H_w - H_{vs})$  が 0 を超え 100 以内になるように出力比  $P/(V \cdot t)$  を決定することを特徴とするレーザ溶接による加工性に優れた溶接管の製造方法。

【請求項 2】 母材硬さ  $H_{vs}$  と溶接部の硬さ  $H_w$  との差  $\Delta H (= H_w - H_{vs})$  が 10~80 になるように出力比  $P/(V \cdot t)$  を決定する請求項 1 記載の溶接管の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、高度の加工を施しても溶接部が破断しない溶接管をレーザ溶接により製造する方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 溶接管を製造する代表的なロールフォーミング法は、図 1 に示す造管ラインを使用している。被造管材である金属帯 1 は、リール 2 から巻き出され、成形ロール 3 で徐々に幅方向に曲げ加工され、円筒状に成形される。次いで、スクイズロール 4 で円筒形状を保持された状態で、溶接トーチ 5 により板幅方向両端部が突合せ溶接され、溶接管 6 として下工程に送り出される。薄肉パイプの製造には、図 2 に示す成形ガイド 7 を使用したシューフォーミング法も採用されている。溶接法としては、高周波誘導溶接等のストリップ端部を加熱圧接する方法、TIG 溶接等の溶融溶接が用いられている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、高周波誘導溶接等の加熱圧接では、十分な接合強度が得られない場合や、欠陥発生により溶接部の信頼性が低い場合がある。他方、TIG 溶接等の溶融溶接では、結晶粒が粗大化する傾向があり、溶接部が脆化する場合がある。そのため、最近では、エネルギー密度が高いために急熱急冷効果によって結晶粒の粗大化が抑制されるレーザ溶接が用いられ始めている。しかしながら、レーザ溶接で良好な加工性をもつ溶接管が得られる条件については、明確な指針が得られておらず、条件設定のためのテストに多大な時間及び費用を要していた。ところで、溶接管は、用途に応じて適宜の形状に成形されて製品になる。たとえば、振動や衝撃が加わるような形態で使用される用途では、伸縮性や可撓性等を溶接管に付与するためにバルジ加工等の加工が施される。また、他の部材と接続するために、管端を拡縮する場合もある。このような高度な加

工を施す場合、溶接部の特性が母材部と異なることから、加工時に溶接部で割れが発生することがある。本発明は、このような問題を解消すべく案出されたものであり、レーザ溶接の条件を適正に制御することにより、高度な加工にも耐える溶接管を提供することを目的とする。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】 本発明の溶接管製造方法は、その目的を達成するため、円筒状に成形した金属帯の板幅方向両端部をレーザ溶接で溶接する際、金属帯の板厚を  $t$  (mm)、製造しようとする溶接管の外径を  $D$  (mm)、レーザ溶接機の出力を  $P$  (kW)、造管速度を  $V$  (m/分) とし、肉厚比  $t/D$  と母材硬さ  $H_{vs}$  との関係を  $H_{vs} = f(t/D)$  で、出力比  $P/(V \cdot t)$  と溶接部の硬さ  $H_w$  との関係を  $H_w = g[P/(V \cdot t)]$  で表すとき、母材硬さ  $H_{vs}$  と溶接部の硬さ  $H_w$  との差  $\Delta H (= H_w - H_{vs})$  が 0 を超え 100 以内になるように出力比  $P/(V \cdot t)$  を決定することを特徴とする。この方法は、図 1 に示したロールフォーミング法による造管や図 2 に示したシューフォーミング法による造管のみならず、塑性変形によって金属帯を筒状に成形して溶接管を製造する他の如何なる方法に対しても同様に適用される。

## 【0005】

【作用】 溶接管を加工する際に発生する割れは、溶接部の強度が母材部に比較して弱いことに起因する溶接部の延性割れと、溶接部の靱性不足に起因する脆性破壊に分類される。脆性破壊は、溶接金属の結晶粒粗大化や不純物元素の混入が原因である。延性破壊の発生を決定する要因は、母材部と溶接部との強度バランスである。この強度バランスが適正であれば、高度の加工に耐える溶接管が得られる。適正な強度バランスは、強度と関連するパラメータである硬さによっても管理できる。金属帯から溶接管を製造する工程は、成形工程及び溶接工程の二工程からなる。金属帯は、成形によって塑性変形され、その程度に応じて硬度が上昇する。これらの挙動は、材料により固有の関数で表すことができることを本発明者等は多数の実験結果から解明した。

【0006】 すなわち、板厚を  $t$  (mm)、溶接管の外径を  $D$  (mm)、レーザ溶接機の出力を  $P$  (kW)、造管速度を  $V$  (m/分) とし、肉厚比  $t/D$  と母材硬さ  $H_{vs}$  との関係を  $H_{vs} = f(t/D)$  で、出力比  $P/(V \cdot t)$  と溶接部の硬さ  $H_w$  との関係を  $H_w = g[P/(V \cdot t)]$  で表すとき、目的とする肉厚比  $t/D$  のパイプを成形して得られる溶接管の母材硬さ  $H_{vs}$  と溶接部の硬さ  $H_w$  との差  $\Delta H (= H_w - H_{vs})$  が 0 以下の場合には溶接部において延性破壊が発生し、100 を超えるようになると溶接部近傍の急激な強度変化によって溶接部付近で応力集中が著しくなり、溶接部に破断が生じる。そして、硬度差  $\Delta H (= H_w - H_{vs})$  が 0 を超え 100 以

内となるように出力比 $P/(V \cdot t)$ を決定するとき、良好な加工性をもつ溶接管が得られる。硬度差 $\Delta H (= H_w - H_s)$ は、より安定した加工を可能にする上で10～80の範囲にあることが好ましい。

【0007】成形後の母材硬さ $H_s$ は、成形装置の形式、スタンド数等により、また素材の加工硬化特性により異なる。しかし、ある一つの造管機で特定された鋼種を造管する場合、その加工硬化特性は図3に示すように肉厚比 $t/D$ で表される。他方、溶接部は、入熱によって異なる熱履歴を受ける。図4に示すように、大きな入熱の溶接部では、冷却速度が遅いために硬度の上昇が小さい。他方、入熱量が小さな溶接部では、冷却速度が早いために硬度が大きく上昇する。したがって、溶接部の硬さ $H_w$ は、溶接時の入熱、換言すればレーザー溶接機の出力 $P$  (kW) に対する造管速度 $V$  (m/分) と板厚 $t$  (mm) の積の比 $P/(V \cdot t)$ の関数として表すことができる。

【0008】実際に条件設定を行う手順を、図5を参照しながら説明する。予め求められた被造管材である金属帯の肉厚比 $t/D$ と母材硬さ $H_s$ の関係に基づいて、製\*20

表1： 使用した金属帯及び成形条件等

板 厚 $t$ (mm)	外 径 $D$ (mm)	肉厚比 $t/D$ (%)	成形法	母材部の硬さ (HV)
2.0	25.4	7.9	ロールフォーミング	193
1.5	25.4	5.9	ロールフォーミング	186
1.0	25.4	3.9	ロールフォーミング	181
0.8	25.4	3.1	ロールフォーミング	179
0.8	25.4	3.1	シュールフォーミング	177
2.0	42.7	4.7	ロールフォーミング	182
1.5	42.4	3.5	ロールフォーミング	179
1.0	42.7	2.3	シュールフォーミング	179

【0011】ロール成形後の機械的特性を調査したところ、図6にみられるように、外径 $D$ に対する板厚 $t$ の比 $t/D$ が大きくなるに従って、得られた溶接管の表面硬度が上昇していることが判った。他方、溶接機の出力を4kWに設定し、造管速度 $V$ を種々変更することにより溶接入熱を変え、溶接部の硬さに及ぼす溶接入熱の影響を調査した。調査結果を示す図7にみられるように、溶接入熱が大きいものほど溶接部の硬度上昇の程度が小さ

\* 造しようとする溶接管の肉厚比 $t/D$  (①) から成形後の硬さを予測する。予測された硬さを溶接部の $H_w = g[P/(V \cdot t)]$ の関係に当て嵌め (②)、溶接部と母材部の硬度差が0～100、好ましくは10～80となる領域を求める (③)。次いで、この領域から実際の入熱に対応するレーザー溶接機の出力 $P$ 及び造管速度 $V$ を求める (④)。このとき、通常の造管作業では、溶接機の出力 $P$ を0.5～10kWの範囲で、造管速度を1～30m/分の範囲で選定する。このようにして、母材部と溶接部との硬度バランスを探ることができ、パルジ加工等の高度の加工を施しても溶接部における亀裂、破断等の発生を抑制した溶接管が得られる。

【0009】

【実施例】被造管材である金属帯1として、板厚を表1に示す低C-18Cr-0.5Nb-0.5Cuステンレス鋼板を使用した。金属帯1をロールフォーミング法又はシュールフォーミング法で成形し、表1に示した寸法の溶接管を製造した。

【0010】

【表1】

くなっている。しかしながら、成形後の母材の強度及びレーザー溶接による溶接部の硬度如何によっては、パルジ加工の際に溶接部からの破断が発生した。そこで、溶接部に破断がない条件を策定するために、各肉厚比 $t/D$ に対する適正な入熱条件 $P/(V \cdot t)$ を調査した。その結果、図8に示すように、各肉厚比 $t/D$ に対して試験片の母材部及び溶接部の硬さを測定すると、破断が母材部にあり且つ限界拡張率が10%程度以上のものは何

れも溶接部硬さ  $H_w$  と母材部硬さ  $H_s$  との差  $\Delta H (=H_w - H_s)$  がゼロから 100 の範囲にあった。なかでも、限界拡管率が 40 % 以上のものは、硬度差  $\Delta H$  が 10 ~ 80 の範囲にあった。

【0012】他方、硬度差  $\Delta H$  がゼロ未満の場合には、限界拡管率が低下し、円周方向の変形が溶接部に集中し、溶接部が延性的に破断する縦割れが発生した。また、硬度差  $\Delta H$  が 100 を超えるものでは、溶接部の靱性低下に起因する横割れによって拡管加工ができなかった。以上の結果から、溶接部に割れを発生させることなく、加工性の良好な溶接管を得るためには、硬度差  $\Delta H$  をゼロを超えて 100 以内、好ましくは 10 ~ 80 の範囲に維持する必要があることが確認された。

【0013】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明においては、ロールフォーミング法、シューフォーミング法等の成形法によって溶接管を製造する際、溶接管の外径に対する肉厚の比に対してレーザー溶接の入熱を溶接部と母材部との硬度差を指標として調整することにより、バルジ加工、拡管等の高度の加工を施しても溶接部に割れが\*20

\*発生することがない加工性に優れた溶接管を製造している。得られた溶接管は、用途に応じて加工欠陥のない形状に加工されるため、種々の分野における配管、構造材等として使用される。

【図面の簡単な説明】

【図1】 ロールフォーミング法に従った造管ライン

【図2】 シューフォーミング法に従った造管ライン

【図3】 肉厚比が成形後の材料硬さに及ぼす影響

【図4】 溶接部の硬さに及ぼす溶接入熱の影響

【図5】 溶接条件を設定する手順を模式的に示したグラフ

【図6】 本発明実施例で使用した材料を成形した際の硬さと肉厚比との関係

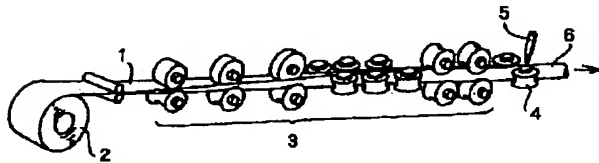
【図7】 本発明実施例における溶接入熱と溶接部硬さとの関係

【図8】 造管された溶接管のバルジ試験結果

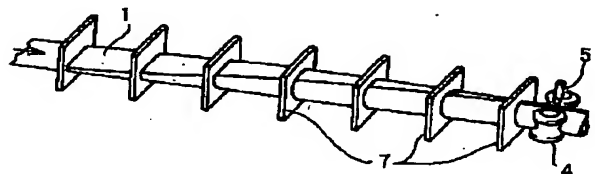
【符号の説明】

1 : 金属帯    2 : リール    3 : 成形ロール    4 : スクイズロール    5 : 溶接トーチ    6 : 溶接管  
7 : 成形ガイド

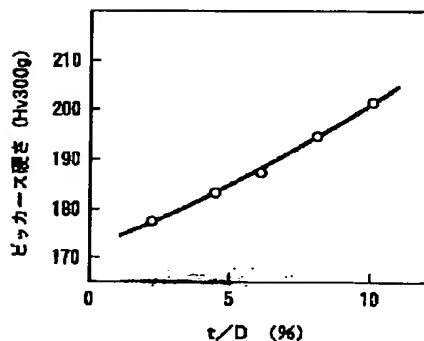
【図1】



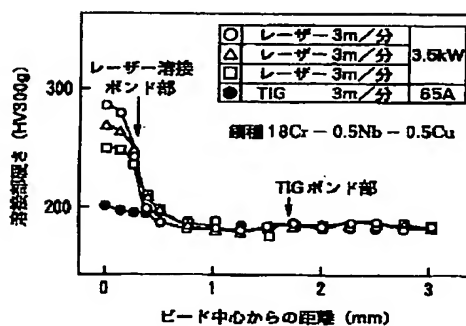
【図2】



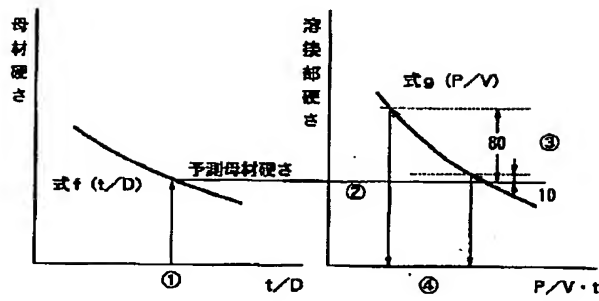
【図3】



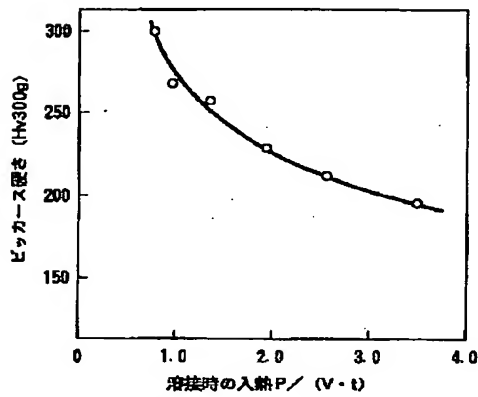
【図4】



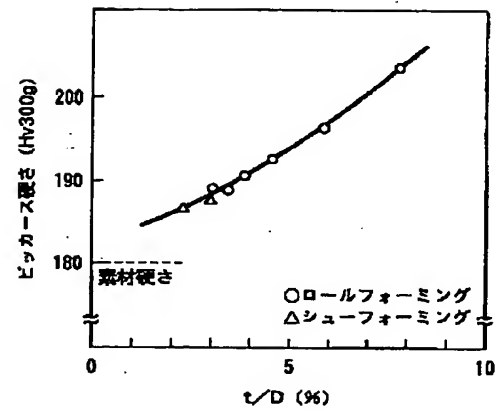
【図5】



【図7】



【図6】



【図8】

